

発明の名称

真空ポンプの制御装置

発明の背景

本発明は、排気対象空間を所定の真空度とすべく排気を行うポンプ機構部と、該ポンプ機構部を駆動するための電動モータ部とを備えた真空ポンプの制御装置に関する。

従来、例えば、特開平 9 - 3 0 6 9 7 2 号公報に記載されているように、ウェハ（基板）の成膜処理等を行うためのプロセスチャンバに対してロードロックチャンバを併設したタイプの半導体製造装置が知られている。

この装置では、プロセスチャンバと半導体製造装置の外部との間でのウェハ交換が、ロードロックチャンバを経由して行われる。ロードロックチャンバには、該チャンバを所定の真空度とするための真空ポンプが、バルブを介して接続されている。このバルブは、外部からの操作によってロードロックチャンバと真空ポンプとを圧力的に接続又は遮断し得る構造を有している。

ロードロックチャンバとプロセスチャンバとの間でのウェハの授受は、ロードロックチャンバが半導体製造装置の外部から圧力的に遮断され、且つ真空ポンプによって所定の真空度とされた状態で、行われる。一方、ロードロックチャンバと半導体製造装置の外部との間でのウェハの授受は、ロードロックチャンバがプロセスチャンバから圧力的に遮断され、且つ大気圧に戻された状態で、行われる。

そして、ロードロックチャンバと半導体製造装置の外部との間でのウェハ交換作業が行われている最中に、ロードロックチャンバから圧力的に遮断されたプロセスチャンバにて成膜処理等を行うことで、半導体製造における作業能率の向上が図られる。

さて、大気圧状態にあるロードロックチャンバを再び所定の真空度に減圧する際には、バルブを閉状態から開状態とすることでロードロックチャンバと真空ポンプとを連通させて、ロードロックチャンバの排気を行う。このとき、真空ポンプが駆動された状態で、バルブが閉状態から開状態に切替えられた場合には、真空ポンプ内が前述の所定の真空度から大気圧に急激に昇圧されることにより、真空ポンプの圧力負荷（排気に係る圧力負荷）が急増する。真空ポンプの駆動源として電動モータを用いた場合、前述の圧力負荷の急増に伴い、電動モータの出力トルク、即ち、真空ポンプの負荷トルクが急増する。

真空ポンプの負荷トルクの急増時に、真空ポンプの構成部材が破損することを回避するために、真空ポンプの負荷トルクが所定の上限値を超えないように制御装置を用いて電動モータを制御することが考えられる。この制御態様として、例えば、図2（a）及び図2（b）のタイムチャートに示すものが挙げられる。図2（a）に破線で示す線図91は、電動モータとして同期モータタイプのブラシレスモータを用いた場合の駆動周波数を示している。また、図2（b）に破線で示す線図92は、同電動モータへの供給電流の電流値を示している。この電流値は、電動モータの出力トルク即ち真空ポンプの負荷トルクの大きさに相関する。

図2（a）、（b）に示すように、時点 t_1 において前記バルブの閉状態から開状態への切替えが行われると、これに基づく真空ポンプの圧力負荷の急増に伴い、電動モータへの供給電流の電流値が急増する。即ち、真空ポンプの負荷トルクが急増する。

制御装置は、時点 t_2 において電動モータの電流値が所定の上限値 i_2 に至ったと判断すると、電動モータの駆動周波数を、電動モータの回転速度における高速側の駆動周波数 f_{max} から低速側の駆動周波数 f_{min} に向けて急激に減少させる。この駆動周波数の減少により電動モータの回転速度が低下することで、真空ポンプの圧力負荷の増加が抑えられ、これに伴い電動モータの出力トルク、即ち真空ポンプの負荷トルクが所定の上限値、即ち、供給電流の上限値 i_2 に対応するト

ルクの上限値を上回らないように制限される。

しかしながら、前述の制御態様では、真空ポンプの負荷トルクが過大となることに起因する真空ポンプの構成部材の破損を回避することはできたとしても、バルブの閉状態から開状態への切替え時において負荷トルクの急激な立ち上がりが生じる。このとき、立ち上がりの開始時点 t_1 の前及び後で、負荷トルクの増加速度に大きな差が生じ、即ち、負荷トルクの増加速度の急激な上昇変動が生じるとともに、該増加速度が大きい状態が、電動モータの電流値が所定の上限値 i_2 に至るまで継続される。

従って、前述の制御態様では、真空ポンプの負荷トルクが過大となることを回避することはできたとしても、負荷トルクの増加速度の急激な上昇変動や、この上昇変動後において前記増加速度が大きい状態が継続されることにより真空ポンプの構成部材が大きな衝撃を受ける虞がある。これは、前記構成部材が破壊に至らしめられる原因となる。

そこで、前記構成部材の破壊を避けるために、該構成部材を堅牢にするべく補強することなどが考えられるが、その場合には、真空ポンプの大型化や重量化につながるという不都合がある。

本発明の目的は、真空ポンプの補強に伴う大型化や重量化を招くことなく、真空ポンプの耐久性を向上させることができる真空ポンプの制御装置を提供することにある。

発明の概要

上記の問題を解決するために、本発明の一実施態様における真空ポンプの制御装置は、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したとき、電動モータ部の回転速度を下げる減速制御を行う。

例えば、真空ポンプが作動状態にあるときに、排気対象空間に外気が導入されて該空間の圧力が急上昇した場合には、真空ポンプの圧力負荷（排気に係る圧力負荷）の増加に伴い、電動モータ部における出力トルク、即ち真空ポンプの負荷トルクが立ち上がり傾向を示す。この場合、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量（真空ポンプの負荷トルクの増加速度）が、例えば、ほぼゼロの状態から或る大きさを越えた状態まで上昇変動する、即ち、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動することがある。

本発明の制御装置は、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したとき、電動モータ部の回転速度を下げる減速制御を行う。これにより、前述の負荷トルクの立ち上がり時において、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量の急激な上昇変動や、この上昇変動後において真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が大きい状態が継続されることにより真空ポンプの構成部材が受ける衝撃を、小さくすることが可能になる。したがって、耐衝撃性を向上させるために真空ポンプの構成部材を補強する必要がなくなり、この補強に伴う真空ポンプの大型化や重量化が防止される。

この発明の一実施態様によれば、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量に基づいて減速制御を行う態様と比較して、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量について、所定時間の間にどれだけの変化があったかがより正確に把握される。なお、ここでいう「真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量の変化率」は、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が、単位時間あたりにどれだけ変化したかを示すものである。

図面の簡単な説明

図 1 は半導体製造装置及び真空ポンプの概略図。

図 2（a）は電動モータ部における駆動周波数を示すタイムチャート、図 2（b）は電動モータ部における電流値を示すタイムチャート。

図 3（a），（b）は別例におけるタイムチャートであり、図 3（a）は電動モ

ータ部における駆動周波数を示すタイムチャート、図3（b）は電動モータ部における電流値を示すタイムチャート。

好適な実施形態の詳細な説明

以下、本発明を半導体製造装置におけるロードロックチャンバの排気用の真空ポンプに具体化した一実施形態について説明する。

図1に示すように、半導体製造装置11において、プロセスチャンバ12はロードロックチャンバ13に併設されている。プロセスチャンバ12においては、例えばウェハに対する真空蒸着処理やスパッタリング等の成膜処理が行われる。これらの処理は、図示しない排気装置を用いてプロセスチャンバ12を所定の真空度としたうえで行われる。

半導体製造装置11の外部空間（大気圧空間）とプロセスチャンバ12との間でのウェハ交換は、ロードロックチャンバ13を介して行われる。即ち、両チャンバ12、13間には、前記ウェハ交換時におけるウェハの授受を行うための経路が設けられ、この経路の途中には、両チャンバ12、13の間を圧力的に接続及び遮断可能なゲートバルブ14が設けられている。更に、半導体製造装置11には、ロードロックチャンバ13と半導体製造装置11の外部空間との間でウェハの授受を行うための経路が設けられ、この経路の途中には、ロードロックチャンバ13と前記外部空間とを圧力的に接続及び遮断可能なゲートバルブ15が設けられている。

半導体製造装置11には、排気経路16を介して真空ポンプ20が接続されている。真空ポンプ20は、ロードロックチャンバ13を排気対象空間としている。排気経路16の途中には、外部からの操作によってロードロックチャンバ13と真空ポンプ20とを圧力的に接続及び遮断可能な第1バルブ17が設けられている。

また、ロードロックチャンバ13は、外気導入経路18を介して半導体製造装置11の外部空間と連通されている。外気導入経路18の途中には、外部からの操作によってロードロックチャンバ13と前記外部空間とを圧力的に接続及び遮断可能な第2バルブ19が設けられている。

真空ポンプ20は、ロードロックチャンバ13を所定の真空度とすべく該チャンバ13の排気を行うポンプ機構部21と、このポンプ機構部21を駆動するための電動モータ部22とを備えている。電動モータ部22は同期モータタイプのブラシレスモータ、具体的にはブラシレスDCモータからなっており、制御装置を構成するインバータ30からの給電により駆動される。電動モータ部22は、インバータ30からの供給電流における駆動周波数（回転速度指令値）が調節されることにより、その回転速度が調節される。

本実施形態において、電動モータ部22は、インバータ30によって一定の電圧で駆動されるとともに、電動モータ部22への供給電流の値は、電動モータ部22の出力トルク、即ち真空ポンプ20の負荷トルクの大きさに相関する。

インバータ30は、マイクロコンピュータを備えた電子制御ユニット（ECU）31、及び、電流検出器32を備えている。ECU31及び電流検出器32は、モータ制御手段を構成する。電流検出器32は、電動モータ部22への供給電流の値を検出し、この検出情報をECU31に提供する。電流検出器32は、電動モータ部22への供給電流の値を検出する検出手段を構成する。ECU31は、電流検出器32から提供される検出情報に基づいて、電動モータ部22への供給電流における駆動周波数を調節する。

ECU31は、電流検出器32からの検出情報、即ち、電動モータ部22への供給電流値に基づいて、電動モータ部22の出力トルク、即ち、真空ポンプ20の負荷トルクを算出する。さらに、ECU31は、負荷トルクに基づき、真空ポンプ20の単位時間あたりの負荷トルク増加量（以後、これを便宜上、真空ポン

プ 2 0 の負荷トルクの増加速度という) を算出する。E C U 3 1 は、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度を、所定時間毎に繰り返し監視する。

そして、E C U 3 1 は、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度が所定値よりも大きいと判断すると、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度に急激な上昇変動が発生したと判断する。この判断により E C U 3 1 は、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度を低減すべく電動モータ部 2 2 への供給電流における駆動周波数を、電動モータ部 2 2 の回転速度における低速側に変更、即ち、駆動周波数を減少させる。この制御を減速制御と呼ぶ。

E C U 3 1 は、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度の監視を、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したと判断した後においても継続して行う。さらに具体的に言えば、本実施形態の E C U 3 1 は、E C U 3 1 が作動状態にある限り、前述の監視を継続的に繰り返し実行する。そして、E C U 3 1 は、前述の監視により真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したと判断した場合、前記減速制御を行うとともに、この制御により減少した駆動周波数を、次に増加速度が所定値よりも大きいかな否かを判断するタイミングまで維持する。

また、E C U 3 1 は、真空ポンプ 2 0 の負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したと判断した場合において、前記減速制御を、該減速制御に優先する処理が行われない限り繰り返し実行する。減速制御に優先する処理には、例えば、電動モータ部 2 2 への供給電流値が上限値 i_2 を超えないようにするための調節処理があるが、これについては後述する。

次に、前述のように構成された真空ポンプ 2 0 の作用について、図 2 (a) 及び図 2 (b) のタイムチャートを参照しながら説明する。図 2 (a) に実線で示す線図 5 1 は、本実施形態の電動モータ部 2 2 への供給電流における駆動周波数を示している。また、図 2 (b) に実線で示す線図 5 2 は、本実施形態の電動モ

ータ部 2 2 への供給電流値を示している。

プロセスチャンバ 1 2 とロードロックチャンバ 1 3 との間でのウェハの授受の作業は、真空ポンプ 2 0 によってロードロックチャンバ 1 3 がプロセスチャンバ 1 2 と同じ所定の真空度とされるとともに、ゲートバルブ 1 4 が開かれた状態で行われる。このとき、ゲートバルブ 1 5 及び第 2 バルブ 1 9 は閉じられている。

また、ロードロックチャンバ 1 3 と半導体製造装置 1 1 の外部空間との間でのウェハの授受の作業は、ゲートバルブ 1 4, 1 5 が閉じられた状態で第 2 バルブ 1 9 が開かれ、ロードロックチャンバ 1 3 が前記外部空間と同様の圧力（大気圧）とされた後、ゲートバルブ 1 5 が開かれた状態で行われる。このとき、第 1 バルブ 1 7 は閉じられている。

そして、例えば、ロードロックチャンバ 1 3 にウェハを搬入した後に真空ポンプ 2 0 によってロードロックチャンバ 1 3 を所定の真空度とする際には、真空ポンプ 2 0、即ち電動モータ部 2 2 が駆動された状態で、第 1 バルブ 1 7 が開かれてロードロックチャンバ 1 3 の排気を開始される。図 2（a）及び図 2（b）における時点 t_1 は、第 1 バルブ 1 7 が開かれた時点を示しており、この時点までにおいて ECU 3 1 は、電動モータ部 2 2 を電動モータ部 2 2 の回転速度における高速側の駆動周波数 f_{max} にて駆動している。

なお、時点 t_1 以前においては、第 1 バルブ 1 7 が閉状態にあったことから、真空ポンプ 2 0 の排気に係る圧力負荷がほぼゼロであり、電動モータ部 2 2 への供給電流は最小の値 i_1 である。

時点 t_1 において第 1 バルブ 1 7 が開かれると、大気圧状態にあるロードロックチャンバ 1 3 内の気体がポンプ機構部 2 1 に急速に導入されることにより、真空ポンプ 2 0 の圧力負荷が急増する。これに伴い、電動モータ部 2 2 の出力トルク、即ち真空ポンプ 2 0 の負荷トルクは立ち上がる。即ち、図 2（b）において、

電流値は時点 t_1 から立ち上がる。このとき、電流値の増加速度、即ち、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度はゼロから、ゼロではない増加速度へ上昇変動する。なお、時点 t_1 以前においては、電流値が一定であるため、電流値の増加速度はゼロである。

ECU 31 は、電流検出器 32 からの検出情報により、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度を算出し、この増加速度が所定値よりも大きいと判断すると、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度に急激な上昇変動が発生したと判断する。この判断に基づき、ECU 31 は、負荷トルクの増加速度を所定の目標値、例えば図 2 (b) に一点鎖線で示す直線 61 に対応する負荷トルクの増加速度に向けて低減すべく、電動モータ部 22 の回転速度を下げる。すなわち、ECU 31 は電動モータ部 22 の減速制御を行う。

このとき、ECU 31 は、前記減速制御を繰り返し実行することで電動モータ部 22 への供給電流における駆動周波数を漸減させる。この漸減処理により、電動モータ部 22 の回転速度は徐々に低下する。即ち、駆動周波数は ECU 31 によって、時点 t_1 を起点として駆動周波数 f_{max} から徐々に減少せしめられている。

駆動周波数の減少により、電動モータ部 22 の回転速度が低下する。そして、回転速度の低下により、真空ポンプ 20 の圧力負荷の増加傾向が抑えられ、これに伴い、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度が低減される。

また、ECU 31 は、電動モータ部 22 への供給電流の電流値が上限値 i_2 を超えないように駆動周波数を調節する。この調節処理は、前記減速制御に優先して行われる。つまり、ECU 31 は、電流値が所定の上限値 i_2 に至ったと判断すると、電動モータ部 22 の駆動周波数を、その時点（本実施形態では時点 t_3 ）での駆動周波数 f_1 から低速側の駆動周波数 f_{min} に向けて急激に低減させる。

この駆動周波数の急減に基づく電動モータ部 22 の回転速度の低下により、電動モータ部 22 の出力トルク、即ち真空ポンプ 20 の負荷トルクは、その増加傾向を抑えられ、上限値 i_2 に対応する上限トルクを超えないように制限される。そして、ECU 31 は、電流値が上限値 i_2 を超えない範囲で、高効率なロードロックチャンバ 13 の排気を実現するためにできるだけ高速な電動モータ部 22 の回転速度を維持するべく、駆動周波数を調節する。

なお、前述電流値の上限値 i_2 は、電動モータ部 22 の出力トルク、即ち真空ポンプ 20 の負荷トルクが過大となることに起因して、真空ポンプ 20 の構成部材が破損することを回避するために設定されたものである。

真空ポンプ 20 によってロードロックチャンバ 13 が減圧されることに伴い、真空ポンプ 20 の圧力負荷が減少すると、ECU 31 は、電流値が上限値 i_2 を超えない範囲で、電動モータ部 22 の回転速度をできるだけ高速とすべく、駆動周波数 f_{max} に向けて駆動周波数を増加させる（時点 t_4 ～時点 t_5 の間）。このとき、本実施形態においては、駆動周波数が増加しているにもかかわらず、真空ポンプ 20 の圧力負荷が減少していることに伴い、真空ポンプ 20 の負荷トルク（即ち電流値）は減少傾向を示している。

本実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

(1) ECU 31 は、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したとき、電動モータ部 22 の回転速度を下げる減速制御を行う。これによれば、真空ポンプ 20 の負荷トルクの立ち上がり時の増加速度を低減することができる。したがって、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度の急激な上昇変動や、この上昇変動後において前記増加速度が大きい状態が継続されることにより真空ポンプ 20 の構成部材が受ける衝撃を小さくすることが可能になる。したがって、例えば、耐衝撃性を向上させるために真空ポンプ 20 の構成部材を補強する必要がなくなり、この補強に伴う真空ポンプ 20 の大型化や重量化が防止される。

(2) ECU 31は、真空ポンプ20の負荷トルクを、電動モータ部22への供給電流値に基づいて算出する。これによれば、真空ポンプ20の負荷トルクを検出するためにトルクセンサ等を特段に設ける必要がなくなる。したがって、コストダウンや構造の簡素化を図ることができる。

(3) ECU 31は、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度を、所定時間毎に繰り返し監視するとともに、この監視を、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したと判断した後においても、継続して行う。これによれば、前記減速制御が開始された後においても、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度の変動に応じて、電動モータ部22の回転速度を適切に制御することができる。

(4) ECU 31は、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度が所定値よりも大きいとき、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したと判断し、前記減速制御を行う。これによれば、例えば、所定の時点における真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度と、前記所定の時点とは別の所定の時点での前記増加速度との差に基づいて減速制御を行う態様と比較して、増加速度の差を算出するための処理を省略することが可能となる。即ち、ECU 31における演算を簡略化してその負担を軽減することが可能になる。

図2(b)のタイムチャートにおいては、真空ポンプ20の負荷トルクの立ち上がり開始時点 t_1 以前における負荷トルクの増加速度の値が、真空ポンプ20の排気に係る圧力負荷がほぼ一定(ほぼゼロ)であるために、一定の値(ゼロ)となっている。このような場合、負荷トルクの増加速度が所定値よりも大きいかな否かを判断するのみで、負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したかな否かを正確に判断することができる。したがってこの場合、前述の増加速度差の算出を行うことなく、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したかな否かを正確に判断することができる。

(5) ECU 31は、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度を所定の目標値に向けて低減すべく、前記減速制御を行う。これによれば、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度が所定の目標値に向けて接近又は一致するように制御される。この制御により、真空ポンプ20の負荷トルクの立ち上がり時の増加速度が、従来の増加速度よりも低減される。

(6) ECU 31は、真空ポンプ20の負荷トルクが所定の上限値、すなわち、供給電流の上限値i2に対応する負荷トルクの上限値を超えないように電動モータ部22の制御を行う。これによれば、ECU 31によって、真空ポンプ20に作用する負荷トルクの最大値が制限されるため、過大な負荷トルクによる真空ポンプ20の構成部材の変形や破損等を回避することができる。

(7) ECU 31による減速制御は、電動モータ部22への供給電流における駆動周波数を、電動モータ部22の回転速度における低速側に変更することで行われる。これによれば、駆動周波数が低速側に変更されることで、電動モータ部22の回転速度が低下し、これに伴い、真空ポンプ20の圧力負荷が低下する。この圧力負荷の低下により、真空ポンプ20の負荷トルクの増加速度の低減が実現される。

(8) 電動モータ部22を同期モータタイプのブラシレスDCモータで構成した。これによれば、ブラシ付モータに比較して、電動モータ部22を耐久性の高いものとするのが容易になる。また、真空ポンプ20に作用する負荷トルクの大きさにかかわらず、供給電流の駆動周波数を調節することで電動モータ部22の回転速度を調節することができる。

(9) ロードロックチャンバ13は、半導体製造装置11を取り巻く大気圧空間とプロセスチャンバ12との間でワークを授受する際の中継点となるチャンバである。そのため、ロードロックチャンバ13は所定の真空度から大気圧に昇圧

されることが頻繁に行われる。つまり、ロードロックチャンバ 13 の排気を行う真空ポンプ 20 においては、その圧力負荷の急増に伴う負荷トルクの急増が頻繁に生じる。したがって、このような態様において本実施形態のモータ制御手段を有するインバータ 30 を採用して真空ポンプ 20 の耐久性の向上を図ることは、特に有効である。

なお、本発明の趣旨から逸脱しない範囲で、以下の態様でも実施できる。

前記実施形態において、ECU 31 は、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度が所定値よりも大きいと判断したとき、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度が急激に上昇変動したと判断し、電動モータ部 22 の回転速度を下げる減速制御を行うように構成されている。これに代えて、ECU 31 は、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度について、その変化率、即ち、単位時間あたりの前記増加速度の変化量を算出し、この算出結果が所定値よりも大きいと判断したとき、前記減速制御を行うようにしてもよい。これによれば、真空ポンプ 20 の負荷トルクの時点 t_1 以前における増加速度が一定値でない場合においても、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度について、所定時間の間にどれだけの変化があったかが正確に把握される。

この場合、ECU 31 は例えば、現時点での負荷トルクの増加速度と、現時点から所定時間だけ前の時点の負荷トルクの増加速度との差を算出する。ECU 31 は、現時点での負荷トルクの増加速度から、所定時間だけ前の時点の負荷トルクの増加速度を差し引いた算出結果（増加速度差）が、所定値よりも大きいと判断すると、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度に急激な上昇変動が発生したと判断する。この判断により ECU 31 は、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度を低減すべく前記減速制御を行う。

真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度は、ECU 31 による駆動周波数の低減開始時（時点 t_1 ）から電動モータ部 22 の電流値が上限値 i_2 に至る時点までの間の全てにおいて、リニアな増加傾向とされる必要はない。例えば、時点 t

1からの負荷トルクの増加速度が従来のそれよりも低減されていれば、その後、電流値が上限値 i_2 に至るまでの間に、負荷トルクの増加速度が従来のそれよりも高速となるようにされてもよい。これによれば、例えば、真空ポンプ 20 の負荷トルクの立ち上がり開始直後の増加速度を低減しつつ、電流値が上限値 i_2 に至るまでの時間を従来よりも短くすることができる。

ECU 31 は、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度の変化率（単位時間あたりの前記増加速度の変化量）を所定の目標値に向けて低減すべく、前記減速制御を行うようにしてもよい。この場合、例えば、図 3（b）に一点鎖線で示す曲線 62 に対応する負荷トルクの増加速度の変化率を、前記所定の目標値とする。なお、図 3（a）は、この場合における電動モータ部 22 の駆動周波数を示すタイムチャートであり、図 3（b）は、電動モータ部 22 における電流値を示すタイムチャートである。因みに、図 3（a）に破線で示す線図 91 は、図 2（a）同様、従来における電動モータの駆動周波数を示し、図 3（b）に破線で示す線図 92 は、図 2（b）同様、従来における電動モータの電流値を示している。

これによれば、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度の変化率が所定の目標値に向けて接近又は一致するように制御される。この制御により、真空ポンプ 20 の負荷トルクの少なくとも立ち上がり開始時点の増加速度が、従来の増加速度よりも低減される。したがって、真空ポンプ 20 の構成部材が受ける衝撃のうち、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度の変化率に起因する衝撃を小さくすることが可能になる。

ECU 31 による真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度の監視を、前記増加速度が急激に上昇変動したと ECU 31 が判断した直後、あるいは、この判断の終了時点から所定時間経過後であってもどちらでもよいが、その時点で中止するようにしてもよい。これによれば、例えば、前記監視を、ECU 31 が作動状態にある限り継続的に繰り返し実行する場合と比較して、前記監視に関する ECU 31 への負荷を軽減することができる。

なお、この場合、ECU 31によって前記減速制御が繰り返し実行される回数が制限されるようになっていてもよい。これによれば、真空ポンプ 20 の負荷トルクの立ち上がり時において、真空ポンプ 20 の構成部材が受ける衝撃を小さくしつつ、例えば、電動モータ部 22 の回転速度を、真空ポンプ 20 の排気効率のよい、高い回転速度により早く戻すことが可能になる。

また、例えば電動モータ部 22 の駆動周波数に下限を設定するとともに、この下限を下回ることがないように電動モータ部 22 を駆動するようにすれば、必ずしも前記減速制御の繰り返し回数に制限を設けなくともよい。

電動モータ部 22 の駆動周波数の低減時において、該駆動周波数を漸減させることなく駆動周波数 f_{\max} から駆動周波数 f_{\min} に向けて急激に減少させるようにしてもよい。この場合であっても、真空ポンプ 20 の負荷トルクの立ち上がり時の増加速度を低減することは可能である。

電動モータ部 22 に対する供給電流の上限値 i_2 は設けられていなくてもよい。即ち、真空ポンプ 20 における負荷トルクの最大値の制限は行われなくてもよい。

例えば、真空ポンプ 20 の負荷トルクを検出するためのトルクセンサを設ける等して、前記負荷トルクを、電動モータ部 22 の供給電流値以外によって把握するようにしてもよい。

電動モータ部 22 を、ブラシレス DC モータ以外の同期モータタイプのブラシレスモータで構成してもよい。このモータとしては例えば、リラクタンス同期モータやステッピングモータ、インダクタ型同期モータ、パーマネントマグネット同期モータ、ヒステリシス同期モータなどがある。また、電動モータ部 22 を、誘導モータタイプのブラシレスモータで構成してもよい。前述以外のブラシレスモータで構成してもよい。また、ブラシ付モータ、例えば DC モータやユニバー

サルモータ等で構成してもよい。

電動モータ部 22 は、該電動モータ部 22 への供給電流における電圧値を調節することで電動モータ部 22 の回転速度を調節可能なタイプであってもよい。この場合、前記電圧値が回転速度指令値に相当する。

前記実施形態では、真空ポンプ 20 をロードロックチャンバ 13 用としたが、プロセスチャンバ 12 用としてもよい。また、半導体製造装置 11 以外に用いてもよい。

前記実施形態は、ロードロックチャンバ 13 が大気圧状態にある状態から第 1 バルブ 17 が開かれた場合の電動モータ部 22 の制御を対象としたが、これに限定されない。例えば、電動モータ部 22 の起動時において真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度を低減すべく電動モータ部の減速制御を行ってもよい。また、本発明においては、真空ポンプ 20 の負荷トルクの増加速度がゼロである状態からの立ち上がり時のみに限らず、ゼロより大きい増加速度からさらに大きい増加速度への上昇変動時において負荷トルクの増加速度を低減すべく電動モータ部 22 の減速制御を行うことも含まれる。

特許請求の範囲

1. 排気対象空間を所定の真空度とすべく排気を行うポンプ機構部と、該ポンプ機構部を駆動するための電動モータ部とを備えた真空ポンプにおいて、

前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したとき、電動モータ部の回転速度を下げるための減速制御を行う真空ポンプの制御装置。

2. 前記真空ポンプの負荷トルクを、電動モータ部への供給電流値に基づいて算出する請求項1に記載の真空ポンプの制御装置。

3. 前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量を、所定時間毎に繰り返し監視するとともに、この監視を、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したと判断した後においても継続して行う請求項1に記載の真空ポンプの制御装置。

4. 前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が所定値よりも大きいとき、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したと判断し、前記減速制御を行う請求項1に記載の真空ポンプの制御装置。

5. 前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量の変化率が所定値よりも大きいとき、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したと判断し、前記減速制御を行う請求項1に記載の真空ポンプの制御装置。

6. 前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量を所定の目標値に向けて低減すべく前記減速制御を行う請求項4に記載の真空ポンプの制御装置。

7. 前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量の変化率を所定の目標値に向けて低減すべく前記減速制御を行う請求項5に記載の真空ポンプの制御装置。

8. 前記真空ポンプの負荷トルクが所定の上限値を超えないように電動モータ部の制御を行う請求項1に記載の真空ポンプの制御装置。

9. 前記電動モータ部を同期モータタイプ又は誘導モータタイプのブラシレスモータで構成した請求項1に記載の真空ポンプの制御装置。

10. 前記真空ポンプは、半導体製造装置においてプロセスチャンバに併設されたロードロックチャンバを排気対象空間とする請求項1に記載の真空ポンプの制御装置。

11. 前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量を、所定時間毎に繰り返し監視するとともに、この監視を、真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したと判断した後に中止する請求項1に記載の真空ポンプの制御装置。

12. 前記減速制御の繰り返し回数は制限されている請求項11に記載の真空ポンプの制御装置。

13. 排気対象空間を所定の真空度とすべく排気を行うポンプ機構部と、該ポンプ機構部を駆動するための電動モータ部とを備えた真空ポンプにおいて、前記真空ポンプの単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したとき、電動モータ部の回転速度を下げるための減速制御を行うことを特徴とする真空ポンプの制御方法。

要約

真空ポンプ 20 は、排気対象空間を所定の真空度とすべく排気を行うポンプ機構部 21 と、ポンプ機構部 21 を駆動するための電動モータ部 22 とを備えている。真空ポンプ 20 の制御装置は、真空ポンプ 20 の単位時間あたりの負荷トルク増加量が急激に上昇変動したとき、電動モータ部 22 の回転速度を下げるための減速制御を行う。